

УДК 630*363.7

ТЯГОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ САМОХОДНОЙ РУБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

**А.О. Германович, аспирант,
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск**

Аннотация. Одним из направлений повышения эффективности лесной отрасли является переработка древесных отходов в щепу при помощи рубильных машин. Во многих странах мира энергетика на растительной и древесной биомассе становится эффективной самокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе.

Ключевые слова: динамометр, испытание, рубильная машина, тяга, щепка.

ТЯГОВІ ВИПРОБУВАННЯ САМОХІДНОЇ РУБАЛЬНОЇ МАШИНИ

**А.О. Германович, аспірант,
Білоруський державний технологічний університет, м. Мінськ**

Анотація. Одним з напрямів підвищення ефективності лісової галузі є переробка деревних відходів у тріску за допомогою рубальних машин. У багатьох країнах світу енергетика на рослинній і деревній біомасі стає ефективною самокупною галуззю, конкурентоспроможною по відношенню до енергетики на викопному паливі.

Ключові слова: динамометр, випробування, рубальна машина, тяга, тріска.

DRAWBAR TESTS OF A SELFPROPELLED CHIPPER MACHINE

**A.O. Hermanovich, postgraduate,
Belarusian State Technological University, Minsk**

Abstract. One of the ways to increase the efficiency of forest industry is the processing of waste wood into chips by chippers. In many countries of the world energetics on the plant and woody biomass is an effective self-sustaining industry, which is competitive with fossil fuel.

Key words: dynamometer test, chipper machine, traction, chips.

Введение

На сегодняшний день вопросы проектирования мобильных рубильных машин, служащих для получения экологически чистого и возобновляемого вида топлива, являются актуальными. Из перечня технических средств, используемых в цепочке производства топливной щепы, рубильная машина является наиболее энергоемкой, сложной и дорогостоящей. Существует большое разнообразие конструктивных схем рубильных машин. Наиболее универсальной (имеет возможность работать как непосредственно на лесосеке, так и на лесном складе) является самоходная рубильная машина, обладающая

рядом преимуществ. Работа мобильной рубильной машины состоит из повторяющегося цикла, который включает две наиболее затратные временные составляющие. Первая составляющая представляет собой непосредственно сам процесс измельчения древесного сырья в щепу, а вторая – транспортная (переезды от одного места концентрации сырья к другому). Эффективность работы мобильной рубильной машины напрямую зависит от количества измельченной древесины, т.е. от производительности. Производительность рубильных машин довольно высокая, если они работают в стационарном режиме, так как рубильное технологическое оборудование – это установка непрерывного действия. Но на

лесосеках эти машины работают как машины периодического действия из-за частых переездов от одного места концентрации сырья к другому и необходимости опорожнения бункера-накопителя от щепы (при его наличии). Поэтому их производительность при измельчении древесного сырья непосредственно на лесосеке будет значительно ниже, чем в стационарном режиме. Одним из факторов, влияющих на производительность, является скорость движения, развиваемая рубильной машиной при перемещении от лесосеки к лесосеке, а также передвижения по самой лесосеке. Поэтому немаловажно для мобильной рубильной машины иметь максимально возможную скорость движения, а также и высокую проходимость. Значительное влияние на проходимость машин оказывают тягово-сцепные свойства, улучшения которых возможно достигнуть за счет применения перспективных технических решений, направленных на создание движителей оригинальной конструкции, более совершенных конструктивных схем трансмиссий и ходовой части.

Анализ публикаций

Вопросами повышения проходимости самоходной специализированной техники занимался ряд ученых [1–7]. Так, ученые БГТУ, кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок занимались задачами повышения тягово-сцепных свойств лесозаготовительных машин.

В.Н. Лоем [5] решена задача по повышению тягово-сцепных свойств и показателей проходимости шарнирно-сочлененных трелевочных тракторов «Беларус» с канатно-чokerным технологическим оборудованием.

В.В. Хайновским [6] разработана методика и проведена экспериментальная оценка тягово-сцепных свойств и динамической нагруженности лесной двухзвенной погрузочно-транспортной машины с активным приводом прицепного звена. С помощью теоретических и экспериментальных исследований определены оптимальные параметры привода осей прицепа, влияющие на эффективность применения машины.

С.Н. Пищовым [7] предложена методика комплексной оценки тягово-сцепных свойств

лесных погрузочно-транспортных машин БКБ с колесной и комбинированной конструкцией ходовой части, которая при движении по почвогрунтам с различной несущей способностью позволяет с учетом динамической нагруженности шасси, механической и гидромеханической трансмиссий заблокированного или дифференциального типов позволяет на стадии проектирования обосновывать параметры движителя и выбирать эксплуатационные режимы работы.

Цель и постановка задачи

Повышение сменной производительности самоходных рубильных машин за счет увеличения скорости движения без значительного снижения их проходимости является одной из основных задач и направлений современных научных исследований. Целью проводимых тяговых испытаний являлось экспериментальное определение фактических тяговых усилий на всех передачах опытного образца самоходной рубильной машины.

Тяговые испытания самоходной рубильной машины

Объектом исследовательских испытаний являлась мобильная рубильная машина АМКОДОР 2904, изготовленная заводом «Дормаш» ОАО «Амкордор» - управляющая компания холдинга» в 2013 году (рис. 1).



Рис. 1. Объект исследовательских испытаний – мобильная рубильная машина АМКОДОР 2904

Мобильная рубильная машина на мобильном шасси предназначена для измельчения в щепу круглых лесоматериалов, порубочных остатков, отходов лесопиления, дровяной древесины. Рубильная машина состоит из соединенных шарниром переднего тягового и заднего технологического модулей базовой

машины и технологического оборудования: гидроманипулятора, рубильного агрегата, автономного двигателя.

В состав базовой машины входят: передняя и задняя полурамы, шарнир, кабина, двигатель с системами, трансмиссия, передний и задний ведущие мосты, приводы управления, тормозная система, электрооборудование, гидросистема.

Для оценки тягово-сцепных свойств в процессе проектирования самоходной рубильной машины была разработана расчетная схема (рис. 2) и при помощи существующих методик и математических зависимостей [3, 8] проведены теоретические исследования по определению ее тяговых характеристик.

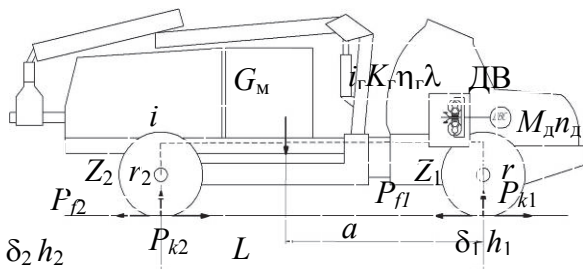


Рис. 2. Расчетная схема рубильной машины на мобильном шасси

В результате проведенных предварительных теоретических исследований получены зависимости усилий сопротивления движению и касательных сил тяги рубильной машины от коэффициента буксования ее движителей (рис. 3).

На расчетной схеме были использованы следующие обозначения: ДВС – двигатель внутреннего сгорания; M_d, n_d – крутящий момент и частота вращения коленчатого вала двигателя; i_T – передаточное отношение гидротрансформатора; K_T – коэффициент трансформации; η_T – коэффициент полезного действия гидротрансформатора; λ_T – коэффициент момента гидротрансформатора; i – передаточное отношение трансмиссии; r_1, r_2 – радиусы качения колес машины; Z_1, Z_2 – опорные реакции движителей машины; P_{k1}, P_{k2} – касательные силы тяги, развиваемые движителями машины; $P_{л1}, P_{л2}$ – силы сопротивления движению движителей; h_1, h_2 – глубина колеи, образуемая под движителями; δ_1, δ_2 – буксование движителей; m_{h1}, m_{h2} – коэффициенты кинематического несоответ-

ствия; L – продольная база машины; a – расстояние от оси колес энергетического модуля до центра масс машины; G_M – вес машины.

P_k, P_f кН

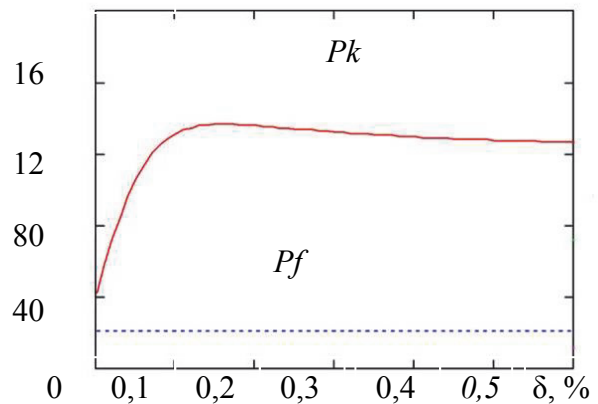


Рис. 3. Зависимость касательной силы тяги и силы сопротивления движению от коэффициента буксования движителей при эксплуатации рубильной машины с колесной формулой 4К4 на грунтах 1-го типа местности

При движении самоходной рубильной машины с колесной формулой 4К4 по грунтам с несущей способностью 100–120 кПа (1-й тип местности) расчетная сила сопротивления движению находилась в пределах 14–16 кН, при этом расчетная касательная сила тяги на первой передаче самоходной рубильной машины составляет 138–140 кН при буксовании движителей 19–21 %.

Дальнейшим этапом создания новой самоходной рубильной машины являлось изготовление опытного образца и проведение его испытаний на соответствие заявленных предпроектных характеристик и технических условий.

Замер усилий сопротивления движению и тяги проводился на испытательской площадке ИЦИДМ завода «Дормаш» ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга». Испытания проводились в сухую погоду (температура окружающего воздуха – плюс 26 °С). Испытания проводились в соответствии с методикой исследовательских и приемочных испытаний экспериментального образца мобильной рубильной машины АМКОДОР 2904, разработанной сотрудниками кафедры лесных машин и технологии

лесозаготовок БГТУ и КБ ЛПИМ ОАО «Амкодор» – управляющая компания холдинга».

Усилие сопротивления движению и тяги мобильной рубильной машины определялись с помощью электронного динамометра с максимальной нагрузкой 200 кН. Для замера тягового усилия применялся динамометр электронный ДОР-3-И-200 с индикатором WI-4 (рис. 4).



Рис. 4. Тензометрический датчик электронного динамометра ДОР-3-И-200

Электронный динамометр предназначен для измерения статической и динамической силы растяжения, используется в испытательных лабораториях и на производственных участках. Динамометр ДОР-3-И-200 представляет собой тензометрический датчик, соединенный кабелем связи с электронным измерительным индикатором WI-4. Электронный динамометр позволяет измерять плавно меняющиеся усилия, а также фиксировать максимальные и минимальные значения прилагаемых усилий.

Питание электронного динамометра осуществлялось от автомобильного аккумулятора через преобразователь электрического тока (Power Inverter 12/220V, 600W, НТ-Е-600) (рис. 5).

Для определения силы сопротивления движению и тягового усилия испытываемого опытного образца в процессе исследовательских испытаний применялась машина универсальная лесохозяйственная АМКОДОР 2061 (щеповоз) с навесным оборудованием в виде бункера, груженого щепой. При определении усилия сопротивления движению она служила в качестве тягача, во

время определения силы тяги – в качестве загрузочного устройства.



Рис. 5. Размещение электронного динамометра ДОР-3-И-200 с индикатором WI-4, подключенного к питанию аккумулятора через преобразователь электрического тока

На рис. 6 представлена схема определения тягового усилия мобильной рубильной машины.

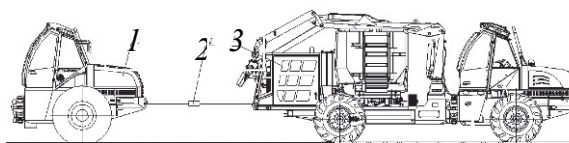


Рис. 6. Схема определения тягового усилия: 1 – загрузочное устройство; 2 – электрический динамометр; 3 – испытываемая машина

При определении усилий один конец тензометрического датчика электронного динамометра ДОР-3-И-200 (рис. 7) монтировался к буксирному устройству технологического модуля задней части универсальной лесохозяйственной машины АМКОДОР 2061, а другой – через трос к буксирному устройству опытного образца рубильной машины АМКОДОР 2904 (рис. 8).

Определение максимального тягового усилия производилось в соответствии с ГОСТ 27247-87 (ИСО 7464-83). Перед проведением замеров системы двигателя и трансмиссии машины были доведены до рабочих температур. Технологическое оборудование было установлено в транспортном положении. Были включены передний и задний мосты, блокировка межколесного дифференциала заднего моста. Максимальные обороты холостого хода двигателя составляли 2100 об./мин.



Рис. 7. Подключение измерительного оборудования



Рис. 8. Проведение замера усилия сопротивления движению

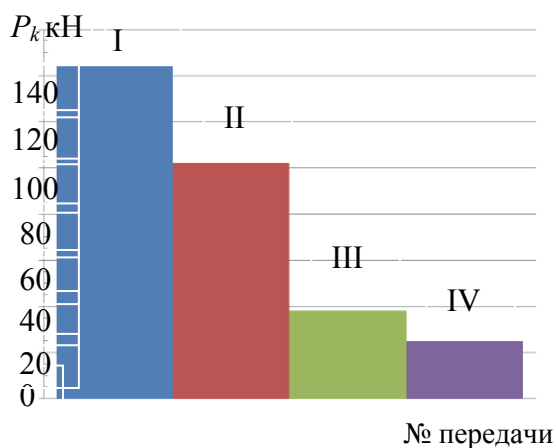


Рис. 9. Расчетная схема динамической модели работы рубильной машины на мобильном шасси

Регистрация параметров была произведена в стоповом режиме и записывалась в журнал измерений. Перед каждым замером проводилась проверка работоспособности оборудо-

вания. Включение и выключение измерительной аппаратуры производились перед каждым дублированием замера. После замера имелась возможность просмотра полученного результата.

Максимальное тяговое усилие опытного образца рубильной машины АМКОДОР 2904 достигалось при включении переднего и заднего ведущих мостов, блокировке межколесного дифференциала заднего моста и составило 144,4 кН (до буксования) для I передачи переднего хода. Усилие сопротивления движению мобильной рубильной машины АМКОДОР 2904 составило 15 кН.

Выводы

В результате проведения исследовательских испытаний были получены значения регистрируемых параметров: усилия сопротивления движению – 15 кН; силы тяги, максимальное значение которой составило 144,4 кН, обработка которых позволила сделать вывод о том, что опытный образец самоходной рубильной машины соответствует требованиям технического задания и проекта технических условий.

Литература

1. Бочаров Н.Ф. Транспортные средства на высокоэластичных двигателях / Н.Ф. Бочаров. – М.: Машиностроение, 1974. – 208 с.
2. Тракторы: Теория: учеб. / В.В. Гуськов и др.; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
3. Скотников А.В. Тягово-сцепные свойства / А.В. Скотников // Проходимость машин. – Минск, 1982. – Гл. 4. – С. 200–292.
4. Васильев А.В. Влияние конструктивных параметров гусеничного трактора на его тягово-сцепные свойства / А.В. Васильев, Е.Н. Докучаева, О.Л. Уткин-Любовцов. – М.: Машиностроение, 1969. – 192 с.
5. Лой В.Н. Улучшение тягово-сцепных свойств и проходимости колесной трелевочной машины на базе трактора «Беларус»: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / В.Н. Лой. – Минск, 2003. – 20 с.

6. Хайновский В.В. Повышение тягово-сцепных свойств двухзвенной погрузочно-транспортной машины с активным приводом прицепного звена: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / В.В. Хайновский. – Минск, 2005. – 20 с.
7. Пищов С.Н. Применение движителя комбинированного типа для повышения тягово-сцепных свойств лесных погрузочно-транспортных машин: автореф. дис.

на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» / С.Н. Пищов. – Минск, 2008. – 20 с.

Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 12 июня 2013 г.
